Fluida Dinamis

A. PENDAHULUAN

- **Fluida** adalah segala zat yang dapat mengalir, yaitu zat cair dan gas.
- **Fluida dinamis** adalah ilmu yang mempelajari fluida dalam keadaan bergerak.
- **Fluida terdiri atas** fluida ideal dan fluida sejati.
- **Sifat-sifat fluida ideal:**
  1) **Tidak kompresibel** (tak termampatkan)
     Artinya tidak mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
  2) **Tunak** (*steady*)
     Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan konstan.
  3) **Tidak kental** (*non-viscous*)
     Artinya tidak mengalami gaya gesekan ketika mengalir.
  4) **Aliran garis arus** (*streamline*)
     Artinya fluida mengalir dalam garis lurus lengkung yang jelas ujung dan pangkalnya.
- **Sifat-sifat fluida sejati:**
  1) **Kompresibel** (dapat termampatkan)
     Artinya mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
  2) **Tak tunak** (*non-steady*)
     Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan berubah-ubah.
  3) **Kental** (*viscous*)
     Artinya mengalami gaya gesekan ketika mengalir.
  4) **Aliran turbulen** (*laminar flow*)
     Artinya fluida dapat mengalir secara berputar dengan arah gerak yang berbeda-beda.

B. PERSAMAAAN KONTINUITAS

- **Debit aliran** adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu.

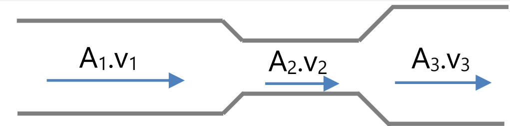
$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = debit aliran (m³/s)
V = volume fluida (m³)
t = waktu (s)

$$Q = A.v$$

A = luas penampang (m²)
v = kecepatan aliran (m/s)

- **Persamaan kontinuitas** menjelaskan bahwa massa fluida yang masuk ke dalam suatu penampang akan keluar di ujung penampang lain dengan massa yang sama.
- Oleh karena itu, debit fluida di seluruh titik penampang adalah sama.



$$Q_1 = Q_2 = ...$$ $$A_1v_1 = A_2v_2 = ...$$

- **Perbandingan kecepatan aliran fluida** dengan penampangnya memenuhi persamaan berikut:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

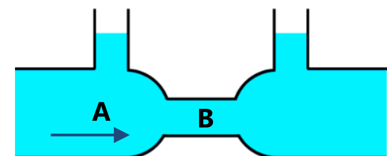
- **Debit aliran** dapat membangkitkan suatu **daya** oleh energi potensial fluida dari suatu ketinggian.

$$P = \rho Q g h$$

P = daya (W)
ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
Q = debit aliran fluida (m³/s)
h = ketinggian aliran fluida (m)

C. HUKUM BERNOULLI

- Tekanan fluida dan kelajuan fluida pada pipa mendatar dijelaskan oleh **Azas Bernoulli**.

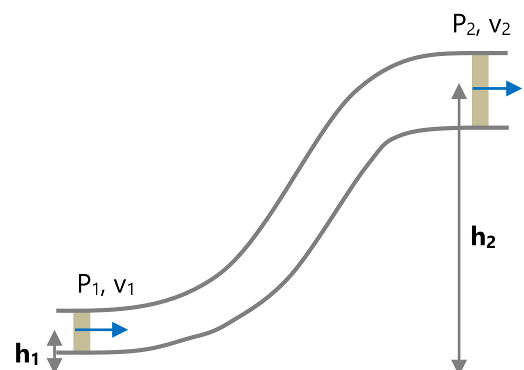


Pada pipa mendatar, tekanan fluida terbesar ada pada bagian yang kelajuan airnya paling kecil (diameter melebar).

Pada pipa mendatar, tekanan fluida terkecil ada pada bagian yang kelajuan airnya paling besar (diameter menyempit).

- **Hukum/persamaan Bernoulli** menyatakan:

Jumlah dari tekanan, energi kinetik per volume, dan energi potensial per volume memiliki nilai yang sama pada tiap titik di sepanjang suatu garis arus.



Dapat dirumuskan:

$$P_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$



- **Hukum Bernoulli** dapat diterapkan dalam dua kasus, yakni fluida statis dan fluida dinamis.
  1) **Fluida statis**

     Dengan nilai v = 0, persamaan Bernoulli:

     $$P_1 - P_2 = \rho g(h_2 - h_1)$$

  2) **Fluida dinamis pada pipa mendatar**

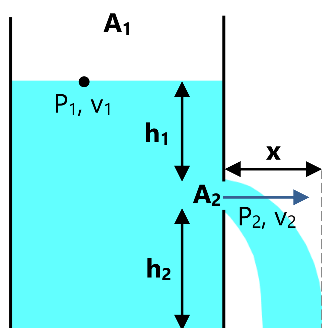
     Dengan nilai $h_1 = h_2$, persamaan Bernoulli:

     $$P_1 - P_2 = \tfrac{1}{2}\rho\,(v_2^2 - v_1^2)$$

D. PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

- **Teorema Torricelli** menjelaskan bahwa:

> Jika suatu wadah yang berhubungan dengan atmosfer bagian atasnya, kemudian memiliki lubang yang jauh lebih kecil dari luas penampang wadah di bawah permukaan fluida, maka kelajuan semburan fluida sama dengan kelajuan gerak jatuh bebas benda.



- **Persamaan** yang berlaku dari teorema Torricelli:

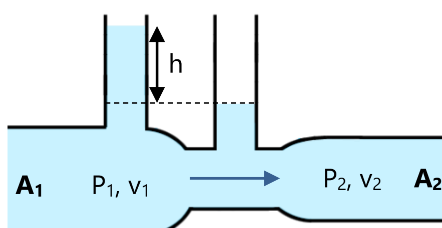
$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

- **Penurunan persamaan** teorema Toricelli:

$$Q = A_2\sqrt{2gh_1}$$

$$x_{maks} = v.\,t \qquad x_{maks} = 2\sqrt{h_1.h_2} \qquad t_{maks} = \sqrt{\frac{2.h_2}{g}}$$

- **Tabung venturi** adalah sebuah pipa yang memiliki bagian menyempit.
- **Venturimeter** adalah suatu alat yang dibuat berdasarkan konsep tabung venturi yang digunakan untuk mengukur kelajuan fluida.
- **Venturimeter** terdiri dari dua:
  1) **Venturimeter tanpa manometer** (pipa venturi)



Berlaku persamaan:

$$P_1 - P_2 = \tfrac{1}{2}\rho\,(v_2^2 - v_1^2) = \rho g h$$

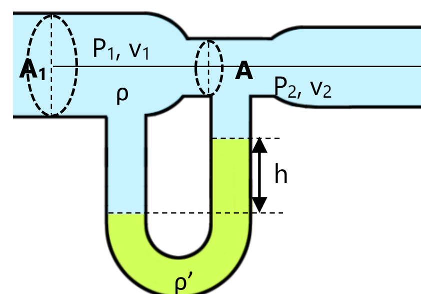
Kecepatan aliran dapat dihitung:

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - 2gh} \qquad v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$$

hubungan dengan persamaan kontinuitas:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

  2) **Venturimeter dengan manometer**



Berlaku persamaan:

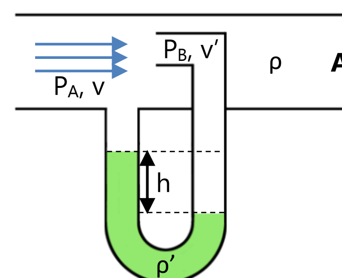
$$P_1 - P_2 = \tfrac{1}{2}\rho\,(v_2^2 - v_1^2) = (\rho' - \rho)gh$$

Kecepatan aliran dapat dihitung:

$$v_1 = A_2\sqrt{\frac{2(\rho'-\rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

$$v_2 = A_1\sqrt{\frac{2(\rho'-\rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

- **Tabung pitot** adalah tabung yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas.



Berlaku persamaan:

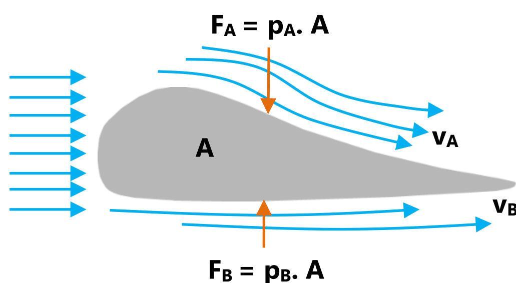
$$P_B - P_A = \tfrac{1}{2}\rho v^2 = \rho' g h$$

Kecepatan aliran dapat dihitung:

$$v = \sqrt{\frac{2\rho' g h}{\rho}}$$



- **Penggunaan** hukum Bernoulli dalam kehidupan sehari-sehari:
  1) **Penyemprot parfum**
     Cairan parfum dapat keluar karena:
     a. Diameter pipa kecil.
     b. Pipa yang berhubungan dengan udara luar kelajuannya tinggi dan tekanannya rendah (akibat ditekan).
     c. Pipa yang berhubungan dengan cairan parfum kelajuannya rendah dan tekanannya tinggi.
  2) **Cerobong asap**
     Asap dapat keluar karena tekanan udara di dalam rumah yang besar, berhubungan dengan tekanan udara luar yang rendah.
  3) **Lubang terowongan**
     Lubang terowongan dibuat di dua tempat yang berbeda ketinggiannya, sehingga udara dapat masuk ke dalam terowongan akibat perbedaan tekanan.
  4) **Pesawat terbang**
     Pada dasarnya, ada empat buah gaya yang bekerja pada pesawat, yaitu:
     a. Gaya berat ke bawah,
     b. Gaya angkat pesawat ke atas,
     c. Gaya mesin ke depan,
     d. Gaya gesek udara ke belakang.



Syarat agar pesawat terbang dapat terbang apabila:

$v_A > v_B$	$P_B > P_A$

Syarat bagi pesawat terbang saat mengudara:
a. Tinggal landas (*take-off*), $F_{angkat} > W$.
b. Terbang konstan, $F_{angkat} = W$.
c. Mendarat/turun (*landing*), $F_{angkat} < W$.

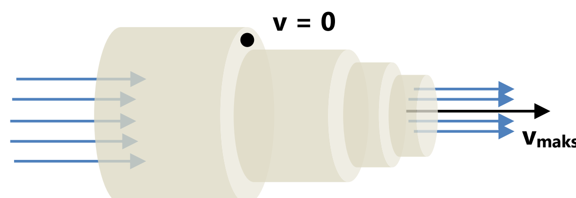
Berlaku persamaan:

$$F_B - F_A = (P_B - P_A).A$$

$$F_B - F_A = \tfrac{1}{2} \rho_u (v_A^2 - v_B^2) A$$

E. VISKOSITAS FLUIDA

- **Viskositas** adalah ukuran kekentalan suatu fluida. Fluida yang memiliki viskositas tergolong **fluida sejati.**
- **Hukum Stokes** menjelaskan bahwa viskositas menyebabkan kelajuan lapisan-lapisan fluida tidak seluruhnya sama pada suatu pipa, karena adanya gaya gesekan.



Di dinding pipa, kelajuan fluida dapat mencapai nilai v = 0, sedangkan pada pusat penampang terdapat kelajuan terbesar.

- **Gaya gesekan** suatu bola yang bergerak dalam fluida sejati dapat dirumuskan:

$$F_f = 6\pi\eta r v$$

Ff = gaya gesekan fluida (N)
η = koefisien viskositas (Pa. s)
R = jari-jari bola (m)
v = kelajuan bola (m/s²)

- **Kecepatan terminal** adalah kecepatan terbesar konstan yang dialami benda yang jatuh bebas dalam suatu fluida sejati/kental.
- **Kecepatan terminal** terjadi ketika gaya berat, gaya ke atas fluida, dan gaya gesekan fluida berada dalam kesetimbangan.
- **Kecepatan terminal** dapat dirumuskan:

$$v_T = \frac{g\, V_B(\rho_B - \rho_f)}{6\pi\eta r}$$

- **Kecepatan terminal** untuk benda berbentuk bola dapat dirumuskan:

$$v_T = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{\eta}(\rho_B - \rho_f)$$

